

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-046106

(43)Date of publication of application : 18.02.2000

(51)Int.Cl.

F16F 15/02

B32B 15/08

E04B 1/82

E04B 1/98

(21)Application number : 10-218160

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

(22)Date of filing : 31.07.1998

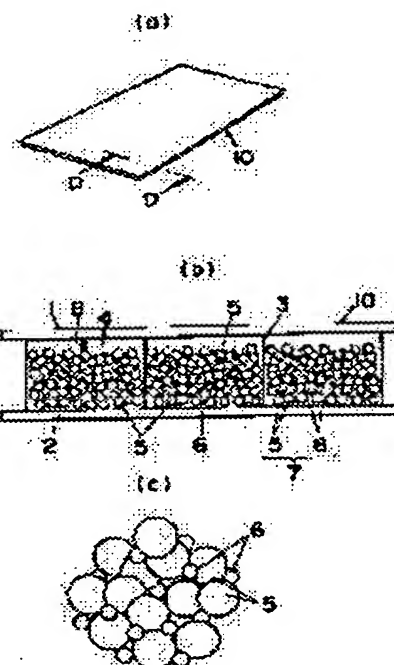
(72)Inventor : YANAGIDA TAKESHI  
KOBAYASHI SUSUMU  
OKUDAIRA YUZO

## (54) DAMPING PANEL

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a damping panel capable of performing damping in an acceleration level of broad applicable range and capable of attaining forming of a thin type and reducing of a cost, while having an excellent damping characteristic.

SOLUTION: A space 3 between two sheets of plate materials 1, 2 opposed to each other by providing the space is charged with a mixed powder and grain layer 7 with low elastic grains 6 absorbing vibration energy according to elastic deformation and high rigidity grains 5 mixed, a grain size of the low elastic grain 6 is formed smaller than a grain size of the high rigidity grain 5, and quantity ratio of the high rigidity grain 5 to the low elastic grain 6 is set to almost 1:1 to 1:5.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-46106

(P2000-46106A)

(43) 公開日 平成12年2月18日 (2000.2.18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト <sup>*</sup> (参考)
F 1 6 F 15/02		F 1 6 F 15/02	Q 2 E 0 0 1
B 3 2 B 15/08		B 3 2 B 15/08	D 3 J 0 4 8
E 0 4 B 1/82		E 0 4 B 1/82	C 4 F 1 0 0
1/98		1/98	B

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-218160

(22) 出願日 平成10年7月31日 (1998.7.31)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者 柳田 剛

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株

式会社内

(72) 発明者 小林 晋

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株

式会社内

(74) 代理人 100087767

弁理士 西川 恵清 (外 1 名)

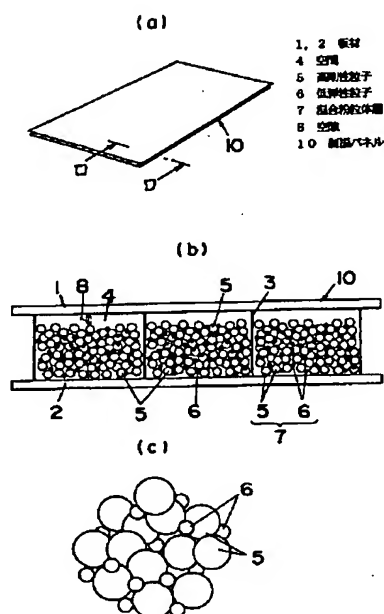
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制振パネル

(57) 【要約】

【課題】 優れた制振特性を有すると共に、適用範囲の広い加速度レベルにおける制振を行うことが可能であり、さらに薄型化及び低コスト化を図ることができる制振パネルを提供する。

【解決手段】 間隔を隔てて相対向する2枚の板材1、2間の空間3に、弾性変形に伴って振動エネルギーを吸収させる低弾性粒子6と、高剛性粒子5とが混在した混合粉粒体層7を充填し、低弾性粒子6の粒径を高剛性粒子5の粒径よりも小さくすると共に、高剛性粒子5と低弾性粒子6との個数比率を略1:1~略1:5とした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 間隔を隔てて相対向する2枚の板材間の空間に、弾性変形に伴って振動エネルギーを吸収させる低弾性粒子と、高剛性粒子とが混在した混合粉粒体層を充填し、低弾性粒子の粒径を高剛性粒子の粒径よりも小さくすると共に、高剛性粒子と低弾性粒子との個数比率を略1:1〜略1:5としたことを特徴とする制振パネル。

【請求項2】 パネル内に充填された混合粉粒体層において、高剛性粒子に対する低弾性粒子の平均粒径比率が、1/5以下に調整されていることを特徴とする請求項1記載の制振パネル。

【請求項3】 パネル内に充填された混合粉粒体層において、高剛性粒子の質量を低弾性粒子の質量よりも大きくしたことを特徴とする請求項1又は請求項2記載の制振パネル。

【請求項4】 パネル内に充填された混合粉粒体層において、低弾性粒子がニトリルゴム(NBR)、スチレン-ブタンジエンゴム(SBR)などの合成ゴム、天然ゴム(NR)、あるいは再生ゴムなどのゴム材料からなることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の制振パネル。

【請求項5】 パネル内に充填された混合粉粒体層において、高剛性粒子の形状が略球形であることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の制振パネル。

【請求項6】 間隔を隔てて相対向する2枚の板材間の空間内に空隙を残して混合粉粒体層が充填され、該空隙の厚さが混合粉体層の厚さの2%以上であることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の制振パネル。

【請求項7】 間隔を隔てて相対向する2枚の板材間の空間が分割されていることを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の制振パネル。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高い制振性能を有する制振パネルに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、自動車、鉄道、航空機などの輸送機械、及び産業機械、家電機器の高性能化や小型・薄型化設計が行われている。これに伴い、各種機械・機器から発生する振動、及びそれに伴う騒音は非常に問題となっている。

【0003】この振動・騒音問題を解決する従来技術の一つとして、図20に示すような粉粒体による制振パネルが挙げられる。これは、ある間隔を隔てて相対向して配置された2枚の板材1、2と、この2枚の板材1、2間の仕切り3で囲まれた空間4に粉粒体5を充填して構成されている(例えば特願昭62-94329号公報、

特願平2-179738号公報参照)。

【0004】ここで、パネルの制振性能を示す指標としては損失係数がある。この値が0.1以上あれば、制振性能が高く、一般的に制振パネルと呼ばれる。

【0005】この損失係数を計測する装置の概要を説明すると、図21に示すように、粉粒体5が充填可能となる仕切りにて10個の空間を設けた梁51の中央部をインピーダンスヘッド56を介して加振器53に固定する。そして、FFT54の信号発生器から発生させたある特定範囲の周波数成分を有するランダムノイズをアンプ55へ入力し、加振器53にて垂直方向にランダム加振する。さらに、梁51の中央部のインピーダンスヘッド56より、加速度と力をセンシングし、アンプ57を介してFFT54へ入力する。そして、FFT54により、イナータンス(加速度/力)やアバレトマス(力/加速度)といった伝達特性を測定する。この伝達特性に示されるパネル共振や反共振による山部や谷部から、損失係数を抽出する。

【0006】次に粉粒体制振パネルの制振性能について図22〜図25を用いて説明をする。

【0007】図22は、パネルが受ける振動加速度レベルの値( $L_a = 20 \log(a/a_0)$  [dB],  $a$ : 測定される加速度の実効値( $m/s^2$ ),  $a_0$ : JIS規格により定められた基準の加速度値 $10^{-3} m/s^2$ )  $E_x \cdot 120 dB \approx 1 G$ ,  $G = 9.807 m/s^2$ )を100〜140 dBまで変化させた場合の損失係数を示すものである。図22中の曲線Aは平均粒径 $\phi 300 \mu m$ のガラスビーズを自然充填により、高さ10 mmとした場合の結果である。参考までに曲線Bは梁51(図21)の裏面に粘弾性シート(板厚1.0 mm)を接着した場合を示し、曲線Cは粉粒体を充填しない一般的なパネルの特性を示す。なお、図23はパネルに充填した粉粒体の弾性振動モード(粒子弾性変形)を示し、図24は粉粒体の対流モード(粒子間摩擦による振動エネルギー減衰)を示し、図25は粉粒体の跳躍モード(粒子衝突による振動エネルギー吸収)を示している。

【0008】図22からわかるように、粉粒体制振パネルは、振動加速度レベルの大きさにより損失係数が変化するという特徴を示し、一般的な機械、機器振動のレベルである110 dB以下では、損失係数が0.1以下となり、制振性能は十分とはいえない。言いかえるならば、従来例では、パネルが受ける振動レベルが120 dB以上の場合の特殊な用途にしか優良な効果が期待できないことがわかる。

【0009】振動加速度レベルが110 dB以下の場合、粉粒体層は弾性的な振動を引き起こし、粒子間の微小な弾性変形により、振動エネルギーが熱エネルギーへ変換される。従来例では、その粒子間の弾性変形がほとんどなく、振動エネルギーの吸収量は小さいものであった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、特に振動加速度レベルが110dB以下の振動を受けるパネルにおいて優れた制振特性を有すると共に、適用範囲の広い加速度レベルにおける制振を行うことが可能であり、さらに薄型化及び低コスト化を図ることができる制振パネルを提供するにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明に係る制振パネルは、間隔を隔てて相対向する2枚の板材1、2間の空間4に、弾性変形に伴って振動エネルギーを吸収させる低弾性粒子6と、高剛性粒子5とが混在した混合粉粒体層7を充填し、低弾性粒子6の粒径を高剛性粒子5の粒径よりも小さくすると共に、高剛性粒子5と低弾性粒子6との個数比率を略1:1~略1:5としたことを特徴としており、このように構成することで、高剛性粒子5、5間の粒子接触部に低弾性粒子6が介在されて、高剛性粒子5、5間が直接接触することが少なくなり、高剛性粒子5の慣性によって低弾性粒子6が大きく変形する。このとき高剛性粒子5と低弾性粒子6の個数比率及び粒径差によって、混合粉粒体層7において高剛性粒子5と低弾性粒子6とが略均等に混ざり合い、そのうえ粒子間の分子間力や静電気力等の粒子間付着力によって、高剛性粒子5と高剛性粒子5との各接触点に低弾性粒子6が少なくとも一個が存在するようになり、これにより、各粒子接触点において粒子変形によるヒステリシス減衰が生じ、振動エネルギーの吸収が行われる結果、経時変化のない良好な混合状態が維持され、特に振動加速度レベルが110dB以下の振動を受けるパネルにおいて優れた制振性能が得られるものである。

【0012】また上記パネル内に充填された混合粉粒体層7において、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の平均粒径比率が、 $1/5$ 以下に調整されているのが好ましく、このように構成することで、粒子間の分子間力や静電気力等の粒子間付着力が小さくなるのを防止でき、従って、分離偏析現象による制振特性の低下を防止できる。

【0013】また上記パネル内に充填された混合粉粒体層7において、高剛性粒子5の質量を低弾性粒子6の質量よりも大きくするのが好ましく、このように構成することで、高剛性粒子6の質量の増加によって振動を受けることによる慣性が大きくなり、従って、高剛性粒子6と高剛性粒子6との間の接触点に介在される低弾性粒子6の変形量が大きくなり、ヒステリシス減衰による振動エネルギー吸収が増加する。

【0014】また上記パネル内に充填された混合粉粒体層7において、低弾性粒子6がニトリルゴム(NBR)、スチレン-ブタジエンゴム(SBR)などの合成ゴム、天然ゴム(NR)、あるいは再生ゴムなどのゴ

ム材料よりなるのが好ましく、このように構成することで、低弾性粒子6の弾性変形が大きくなり、しかも、そのヒステリシス減衰が高くなるため、特に低加速度レベルにおける制振性能が向上する。

【0015】また上記パネル内に充填された混合粉粒体層7において、高剛性粒子5の形状を略球形とするのが好ましく、このように構成することで、混合粉粒体層7における高剛性粒子5の充填状態を密にすることができ、従って、単位体積当たりの低弾性粒子6との接触点数が多くなり、ヒステリシス減衰を大きくすることができ

【0016】また上記間隔を隔てて相対向する2枚の板材1、2間の空間4内に空隙8を残して混合粉粒体層7が充填され、該空隙8の厚さが混合粉粒体の厚さの2%以上としたから、混合粉粒体の運動が制限・拘束されないようにできる。

【0017】また上記間隔を隔てて相対向する2枚の板材1、2間の空間4が分割されているのが好ましく、このように構成することで、板材1、2間の空間4を分割する仕切り板3と粒子との摩擦によるエネルギー吸収現象が加わり、制振性能をより向上させることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例を説明する。

【0019】本実施形態の制振パネル10は、図1に示すように、間隔を隔てて相対向する2枚の板材1、2間の空間4に、弾性変形に伴って振動エネルギーを吸収させる低弾性粒子6と、高剛性粒子5とが混在した混合粉粒体層7を充填してある。

【0020】2枚の板材1、2間の空間4は仕切り板3によって分割されており、分割された空間内にそれぞれ混合粉粒体層7が充填されている。これによりパネル振動時には、仕切り板3と粒子との摩擦によるエネルギー吸収現象が加わり、制振性能を向上させることができるようになっている。

【0021】高剛性粒子5は、例えば、球形のガラスビーズ等からなる。高剛性粒子5を球形状とするのは混合粉粒体層7内での高剛性粒子5の充填状態を密にすることによって制振パネル10の高性能化を狙いとしたものである。ここで図12は混合粉粒体層7の粒子充填構造の変化の概念図を示しており、図12(a)は高剛性粒子5の形状が球形の場合、図12(b)は非球形の場合を示している。高剛性粒子5の形状が球形の時には、粒子充填構造が密になり、単位体積当たりの低弾性粒子6との接触点数が多くなり、ヒステリシス減衰が大きくなり、高い制振性能を示すようになる。

【0022】低弾性粒子6は、例えば、ゴム材料からなる。ゴム材料としては、低弾性体で、粒子弾性変形によるヒステリシス性を有し、イソブレンゴム(IR)、スチレン-ブタジエンゴム(SBR)、ブタジエンゴム

10

20

30

40

50

(BR)、エチレン-プロピレンゴム (EPM、EPDM)、ブチルゴム (IIR)、クロロプレンゴム (CR)、ニトリルゴム (NBR)、アクリルゴム (ACM)、エピクロルヒドリンゴム (CO、ECO)、塩素化ポリエチレン (CM)、クロロスルホン化ポリエチレン (CSM) などの合成ゴム、また、天然ゴム (NR)、そしてリサイクル利用の再生ゴムなどが対象となる。

【0023】図2は、本発明である混合粉粒体層7を充填した制振パネル10と従来技術である混合粉粒体層の制振パネルにおける制振性能の比較例であり、振動加速度レベルに対する損失係数の関係を示した。図中の曲線Dは、高剛性粒子 (平均粒径300 $\mu$ mのガラスビーズ) を自然充填して高さ10mmとした場合であり、曲線Eは高剛性粒子 (平均粒径300 $\mu$ mのガラスビーズ) と低弾性粒子 (平均粒径50 $\mu$ mのゴムビーズ (NBR)) を質量比率10:1で混合し、自然充填高さ10mmとしたものである。図2から、110dB以下の振動加速度レベルにおいて、優れた制振性能を有していることがわかる。

【0024】この場合の粒子の挙動、及び制振原理に関して、図3、図4により説明する。

【0025】従来技術においては、110dB以下の振動加速度レベルの振動を受けることにより、高剛性粒子5'の表面の弾性変形は小さく、粉体層における外力 (振動による荷重) に対する変形の関係は、図3(c)に示すようにほぼ直線Fになる。

【0026】一方、本発明の粒子構成では、高剛性粒子5の運動による慣性により、図4(b)のように低弾性粒子6が大きく変形し、それに伴う減衰が発生するため、図4(c)のようなループ状の外力に対する変形の関係を描く。これは、ヒステリシスループと呼ばれ、図4(c)のループG内の面積が粒子変形による振動エネルギー消費であるヒステリシス減衰のファクターである。

【0027】本発明では、上記高剛性粒子5と低弾性粒子6との個数比率は略1:1~略1:5の範囲内に調整されている。つまり、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の個数比率が1:1よりも低いと、低弾性粒子6の総数が高剛性粒子5の総数を下回り、高剛性粒子5間の各接触点に低弾性粒子6を少なくとも一個存在させることができなくなり、このため振動エネルギーの吸収量が小さくなって制振効果が弱くなるという問題があり、一方、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の個数比率が1:5よりも高くなると、それ以上の制振効果の向上は期待できず、しかも低弾性粒子6の総数が必要以上に増大して、パネル厚が大きくなり、そのうえ材料コストも高くなるという問題が生じる。よって、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の個数比率は1:1~1:5の範囲内とする。なお、上記個数比率の上限は1:5よりも若干大きくてもよいものである。

【0028】ここで、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の個数比率は質量比率から算出される。つまり、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の個数比率を略1:1~略1:5の範囲内にするために、本実施形態では、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の質量比率を3%以上、10%以下に調整している。まず高剛性粒子5間における低弾性粒子6の存在確率を推算するために、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の個数比率 (低弾性粒子数/高剛性粒子数) を質量比率から数値的に算出したところ、図6、図7に示す結果を得た。

【0029】図7には、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の質量比率を変化させた場合の振動加速度レベル100dBにおける制振性能測定結果を示した。図7における粒子質量比率として略3~10%の数値が目的とする制振効果を達成できる範囲である。つまり低弾性粒子6の質量比率が3%以上より制振性能が急激に向上し、さらに10%以上では制振効果が略一定となる。これにより、3%以上が許容できる範囲である。そして、図6からわかるように、質量比率が略3%では高剛性粒子に対する低弾性粒子の個数比率が略1であり、略10%では略5である。従って、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の個数比率が略1:1~略1:5の範囲内であれば、最大限の制振効果が得られ、しかも、低弾性粒子6の数量が必要以上に増えることがなく、パネル厚を最小限に抑えることができるのである。

【0030】また図6において、低弾性粒子6の質量比率が3%以上においては、個数比率の値が1を超えており、この個数比率が1以上という値は、粒子の接触点に他の粒子が少なくとも一個以上存在することを意味する。よって、高剛性粒子5、5間が直接接触することが少なくなり、また各粒子接触点において高剛性粒子5の慣性によって低弾性粒子6が大きく変形し、粒子変形によるヒステリシス減衰が生じ、振動エネルギーの吸収が行われるものである。

【0031】なお、上記高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の質量比率を決める指標として粒径比率と材料密度とがある。本発明では、混合粉粒体層7において、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の平均粒径比率が1/5以下となるように調整されており、これにより混合粉粒体層7の分離偏析を防止することができる。つまり、混合粉粒体層7において、高剛性粒子5に対して、低弾性粒子6の平均粒径が小さい場合は、粒子間の分子間力 (Vander Waals力) 及び静電気力等の粒子間付着力が大きくなるために、図5(a)に示すように、二成分粒子の密度差および粒径差に伴う分離偏析現象は生じない。しかしながら、低弾性粒子6の粒径が大きくなって、高剛性粒子5との平均粒径の比率が1/5を超えると、粒子間付着力の影響は小さくなり、特に長時間振動を受けると、図5(b)のように分離偏析現象が生じて、長時間の良好な混合状態、つまり制振特性を

維持することが困難となる。よって、経時変化のない効果的な制振効果を得るためには、高剛性粒子5に対する低弾性粒子6の平均粒径の比率を1/5以下に調整するのが望ましい。

【0032】また、高剛性粒子5の材料密度が増加すると、振動を受けることによる慣性が大きくなり、従って、低弾性粒子6の変形量が大きくなり、ヒステリシス減衰による振動エネルギー吸収が増加し、制振性能が向上する傾向を示す。しかしながら高剛性粒子5の材料密度が12000 kg/m<sup>3</sup>を超えると、粒子自重による摩擦力が作用するため、高剛性粒子5が動きにくくなり、慣性力が作用しにくくなり、一方、高剛性粒子5の材料密度が500 kg/m<sup>3</sup>以下になると、高剛性粒子5の慣性力が小さく、低弾性粒子6の変形が小さくなるため、ヒステリシス減衰が生じにくくなり、よって、高剛性粒子5の材料密度を500~12,000 kg/m<sup>3</sup>の範囲内に調整しておくのが望ましい。

【0033】さらに本発明の制振パネルにおいては、低弾性粒子6として、前述のようにゴム材料を用いているので、特に低加速度レベルにおける制振性能を向上させることができる。図11に、高剛性粒子5として、平均粒径300 μmのガラスビーズ、低弾性粒子6として平均粒径50 μmのガラスビーズ、アクリルビーズ、ゴムビーズ(NBR)を使用した場合の振動加速度レベルに対する損失係数の変化を示す。図11において曲線Oに示すガラスビーズ、曲線Pに示すアクリルビーズ、Qに示すゴムビーズのばね定数は、それぞれ2×10<sup>3</sup> N/m、3×10<sup>3</sup> N/m、5×10<sup>3</sup> N/mである。この図11からわかるように、低弾性粒子6としてゴムビーズを用いた混合粉粒体層7の場合、粒子変形が大きく、また、そのヒステリシス減衰が高いため、特に低加速度レベルが110 dB以下においてその制振性能が大幅に向上していることがわかる。

【0034】なお、上記粒子変形によるばね定数の計測は、図8に示す微小圧縮試験装置58を用いて行うことができる。これは、図9のように混合粉粒体試料となる単一の粒子65を測定テーブル61に置き、平面圧子62により微小な圧縮荷重を負荷し、その時の微小圧縮変位を測定するものである。尚図8中の59はモニター、60はプリンタ、63は対物レンズ、64は接眼レンズである。そして、微小圧縮試験装置58の測定結果をパソコン59に取り込み、グラフ化した一例を図10に示した。測定結果である曲線Iは、圧縮変位に対して圧縮力が非線形性を示している。この結果は、ヘルツの接触理論等により、材料力学的に説明可能である。ここで、粒子単体の弾性係数(N/m; 荷重/変位)は、微小変形領域内の線形性を仮定して図中の直線Jの勾配より定義した。

【0035】また本発明の制振パネルでは、図1(b)に示すように、板材1、2間の空間4内には空隙8を残

して混合粉粒体層7が充填されており、空隙8の厚さは混合粉粒体層7全体の厚さの2%以上とされている。この空隙8は混合粉粒体の運動が制限・拘束されないようにして、制振性能の低下を防止する働きをする。ここで、混合粉粒体層7を空間4に100%充填した場合の状態図を図13に示した。また上記のように空間4に混合粉粒体を100%充填した場合と、まだ混合粉粒体が充填可能な空間容量を残して、混合粉粒体層7全体の厚さの2%となる充填状態の場合における振動加速度レベル変化に対する損失係数の関係を図14に示した。図14の曲線Rが2%の空隙8を残した充填の場合、曲線Sが混合粉粒体100%充填の場合の結果である。この図14から分かるように、混合粉粒体を100%充填すると、上下板材1、2の影響により混合粉粒体の運動が制限・拘束されるため、制振性能が低下する傾向にあり、一方、少なくとも混合粉粒体とパネル間の空隙8(図1(b))の厚さを、充填された混合粉粒体層7の厚さの2%以上とすることで、混合粉粒体運動の制限・拘束による制振性能の低下を防止できることがわかる。

【0036】以下、本発明に係わる制振パネル10の代表的な実施例について説明する。

(実施例) 混合粉粒体の作製のために、ここでは攪拌翼を備えた型混合機を用いた。また、回転型混合機、V型混合機、気流攪拌型混合機等を用いることによって、同等の混合物を作製することが可能である。

【0037】以下、高剛性粒子としてガラスビーズ(平均粒径500 μm)、低弾性粒子としてゴムビーズ(NBR; 平均粒径50 μm)を用いた混合粉粒体層の実施例を示す。

【0038】図15に示すプレートは、板厚1.2 mmのアルミ製プレート11と板厚0.6 mmのアルミ製プレート12との間に高さ20 mmの1/4インチサイズのアルミ製ハニカム13をはさみ、そのハニカム13内に混合粉粒体を、自由落下による自然充填により、高さ5 mm(面重量2.71 kg/m<sup>2</sup>)にて充填し、接着したハニカムサンドイッチ構造である。なお、このプレートのサイズは、300 mm×300 mmである。ここで、相対向する2枚のプレート11、12は、金属、木質材料などを用いることができ、特に限定されない。多数の細分化された空間・セルを形成するための仕切りの材料は、アルミハニカム、ペーパーハニカム、各種仕切り材料などを用いることができ、特に限定されない。

【0039】前述のハニカムサンドイッチパネル15の制振性能評価を、図16に示すシステムにより行う。これは、加振器17にインピーダンスヘッド16を介して、ハニカムサンドイッチパネル15の中央部に固定し、垂直方向にランダム加振する。このときのインピーダンスヘッド16よりセンシングされる伝達関数イナータンス(加速度/力)を計測し、制振性能を評価する。また、ランダム加振の加振力はパネル条件変化に対し

て、一定になるように制御力を作用している。

【0040】図17に、伝達関数の測定結果を示す。曲線Tは比較例として、ハニカムサンドイッチパネル15に混合粉粒体を充填しない場合、曲線Uは、本発明の上記記載の混合粉粒体を充填した場合の実施例である。

【0041】図17の曲線Uからわかるように、本発明による伝達関数は共振と反共振による曲線のピークとディップが滑らかになる制振効果が明確になっている。

【0042】また、参考までに同条件におけるパネル中心から300mm遠方の位置での騒音レベルの狭帯域と1/3Band特性を図18、図19に示す。図中の曲線V、Xは比較例、曲線W、Yは、本発明の実施例であり、本発明では制振性能の向上に伴い、パネルからの放射音の低減が明らかに見られる。

【0043】

【発明の効果】上記のように本発明のうち請求項1記載の発明は、間隔を隔てて相対向する2枚の板材間の空間に、弾性変形に伴って振動エネルギーを吸収させる低弾性粒子と、高剛性粒子とが混在した混合粉粒体層を充填し、低弾性粒子の粒径を高剛性粒子の粒径よりも小さくすると共に、高剛性粒子と低弾性粒子との個数比率を略1:1〜略1:5としたから、高剛性粒子間の粒子接触部に低弾性粒子が介在されて、高剛性粒子間が直接接触することが少なくなり、高剛性粒子の慣性によって低弾性粒子が大きく変形する。またこのとき高剛性粒子と低弾性粒子の個数比率及び粒径差によって、高剛性粒子と低弾性粒子とが略均等に混ざり合い、そのうえ粒子間の分子間力や静電気力等の粒子間付着力によって、高剛性粒子と高剛性粒子との各接触点に低弾性粒子が少なくとも一個が存在するようになる。従って、各粒子接触点において粒子変形によるヒステリシス減衰が生じ、振動エネルギーの吸収が行われる結果、経時変化のない良好な混合状態が維持され、特に振動加速度レベルが110dB以下の振動を受けるパネルにおいて優れた制振性能が得られるようになり、従来の粉粒体を用いた制振パネルでは成し得なかった、適用範囲の広い加速度レベルにおける制振を行うことが可能となる。さらに高剛性粒子と低弾性粒子との個数比率を略1:5以下とすることで、低弾性粒子の必要以上の数量増加を防いで材料コストを低減させることができると共に、パネル厚を小さくでき、制振性能に優れた制振パネルの薄型化及びコストダウンとを実現できるものである。

【0044】また請求項2記載の発明は、請求項1記載の効果に加えて、パネル内に充填された混合粉粒体層において、高剛性粒子に対する低弾性粒子の平均粒径比率が、1/5以下に調整されているから、粒子間の分子間力や静電気力等の粒子間付着力が小さくなるのを防止でき、従って、分離偏析現象による制振特性の低下を防止できるので、経時変化のない効果的な制振効果を期待できるものである。

【0045】また請求項3記載の発明は、請求項1又は請求項2記載の効果に加えて、パネル内に充填された混合粉粒体層において、高剛性粒子の質量を低弾性粒子の質量よりも大きくしたから、高剛性粒子の質量の増加によって振動を受けることによる慣性が大きくなり、従って、高剛性粒子と高剛性粒子との間の接触点に介在される低弾性粒子の変形量が大きくなり、ヒステリシス減衰による振動エネルギー吸収が増加し、制振性能が向上するものである。

【0046】また請求項4記載の発明は、請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の効果に加えて、パネル内に充填された混合粉粒体層において、低弾性粒子がニトリルゴム(NBR)、スチレン-ブタンジエンゴム(SBR)などの合成ゴム、天然ゴム(NR)、あるいは再生ゴムなどのゴム材料よりなるから、低弾性粒子としてゴム材料を用いることによって、粒子変形が大きいため、しかも、そのヒステリシス減衰が高いため、特に低加速度レベルにおける制振性能が向上するものである。

【0047】また請求項5記載の発明は、請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の効果に加えて、パネル内に充填された混合粉粒体層において、高剛性粒子の形状を略球形としたから、混合粉粒体層における高剛性粒子の充填状態を密にすることができ、従って、単位体積当たりの低弾性粒子との接触点数が多くなり、これに伴いヒステリシス減衰が大きくなるため、高い制振性能が得られる。

【0048】また請求項6記載の発明は、請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の効果に加えて、間隔を隔てて相対向する2枚の板材間の空間内に空隙を残して混合粉粒体層が充填され、該空隙の厚さが混合粉粒体層の厚さの2%以上としたから、混合粉粒体の運動が制限・拘束されることがなくなり、制振性能の低下を防止できるものである。

【0049】また請求項7記載の発明は、請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の効果に加えて、間隔を隔てて相対向する2枚の板材間の空間が分割されているから、板材間の空間を分割する仕切り板と粒子との摩擦によるエネルギー吸収現象が加わり、制振性能が一層向上するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の制振パネルを示し、(a)は斜視図、(b)は(a)のローソク線断面図、(c)は高剛性粒子と低弾性粒子との混合状態を説明する概念図である。

【図2】従来の粉粒体充填の制振パネルと本発明の制振パネルの振動加速度レベルに対する損失係数との関係を示すグラフである。

【図3】(a)(b)は低弾性粒子を混入しない場合の概念図を示し、(c)は(a)における制振パネルのヒステリシス特性を示すグラフである。

【図4】(a)(b)は低弾性粒子を混合した場合の概



念図を示し、(c)は(a)の制振パネルにおけるヒステリシス特性を示すグラフである。

【図5】(a)(b)は混合粉粒体層における分離偏析現象を説明する概念図である。

【図6】同上の低弾性粒子の質量比率変化を、高剛性粒子と低弾性粒子の個数比率としてシミュレーションにより求めたグラフである。

【図7】同上の低弾性粒子の質量比率と損失係数との関係を示すグラフである。

【図8】単一粒子のばね特性を計測するシステムの概念図である。

【図9】単一粒子の弾性変形を示す概念図である。

【図10】単一粒子の圧縮変位に対する圧縮荷重の特性の説明図である。

【図11】弾性係数が異なる低弾性粒子を有する混合粉粒体層において振動加速度レベルに対する損失係数の関係を示すグラフである。

【図12】(a)は高剛性粒子が球形粒子の場合における充填状態を示す概念図、(b)は高剛性粒子が非球形粒子の場合における充填状態を示す概念図である。

【図13】粉粒体が100%充填の場合の制振パネルを示し、(a)は斜視図、(b)は(a)のハーフ線断面図、(c)は高剛性粒子と低弾性粒子との混合状態の概念図である。

【図14】混合粉粒体層の空間への100%充填による振動加速度レベルに対する損失係数の低下を示すグラフである。

【図15】本発明の実施例における制振パネルの作製方法を説明する概念図である。

【図16】(a)(b)は本発明の実施例における制振\* 30

\*性能を計測するシステム概念図である。

【図17】本発明の実施例における制振性能を示すグラフである。

【図18】本発明の実施例の騒音レベル(狭帯域)を示すグラフである。

【図19】本発明の実施例の騒音レベル(1/3 Ba 11 d)を示すグラフである。

【図20】従来の粉粒体層を充填した制振パネルを示し、(a)は斜視図、(b)は(a)のイーイ線断面図である。

【図21】制振パネルの梁による制振性能評価システムの概念図である。

【図22】従来の振動加速度レベルに対する損失係数のグラフである。

【図23】(a)(b)は従来の粉粒体層の弾性振動モード(粒子弾性変形)を示す挙動概念図である。

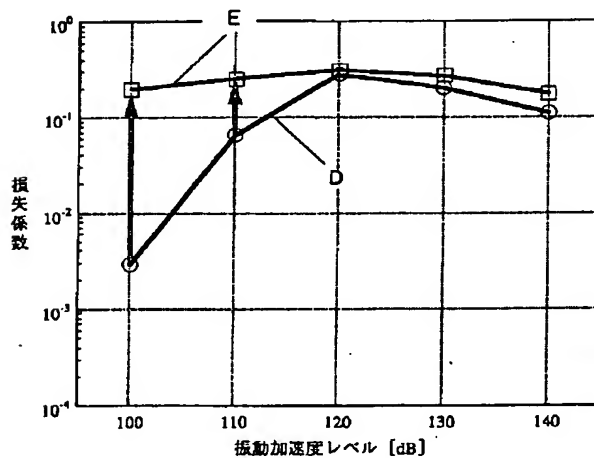
【図24】(a)(b)は従来の粉粒体層の対流モード(粒子間摩擦による振動エネルギー減衰)を示す挙動概念図である。

【図25】(a)(b)は従来の粉粒体層の跳躍モード(粒子間衝突による振動エネルギー吸収)を示す挙動概念図である。

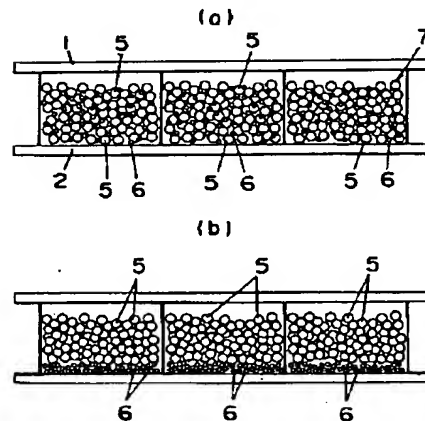
【符号の説明】

- 1, 2 板材
- 4 空間
- 5 高剛性粒子
- 6 低弾性粒子
- 7 混合粉粒体層
- 8 空隙
- 10 制振パネル

【図2】

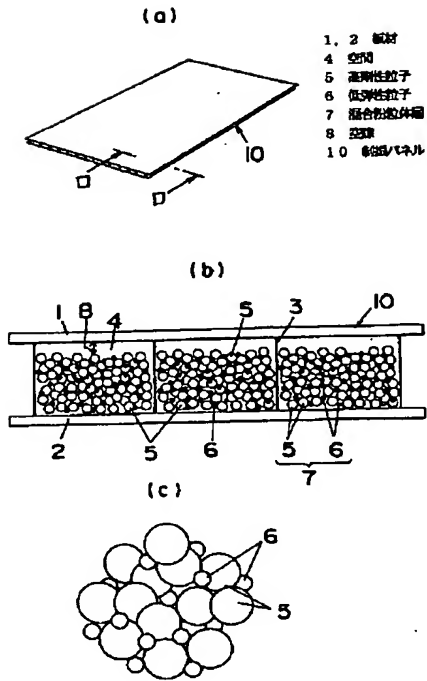


【図5】

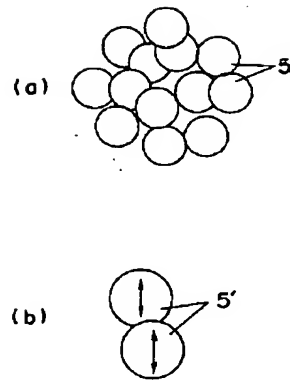




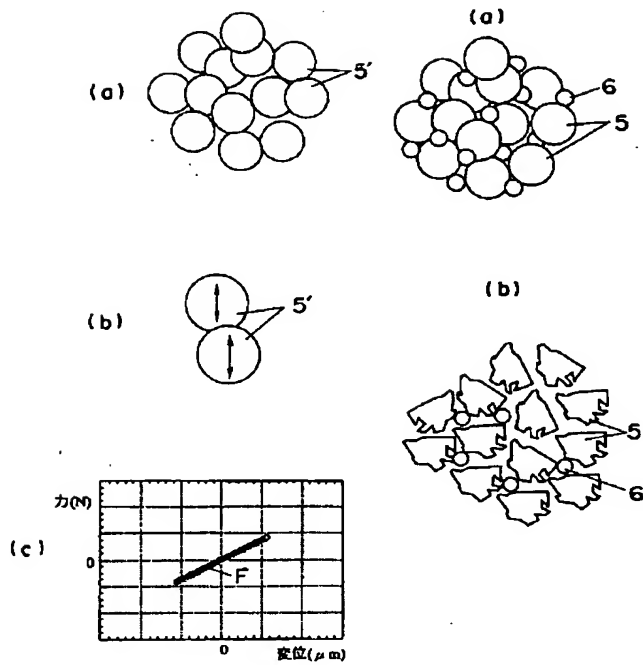
【図1】



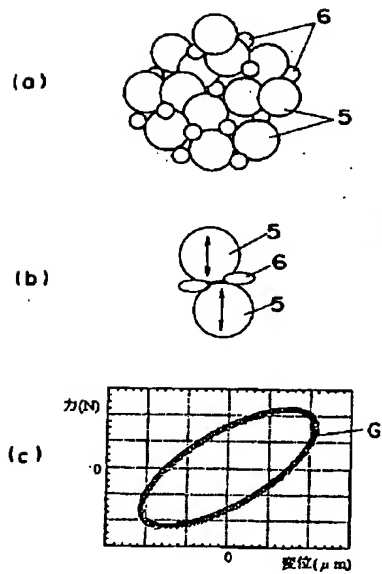
【図3】



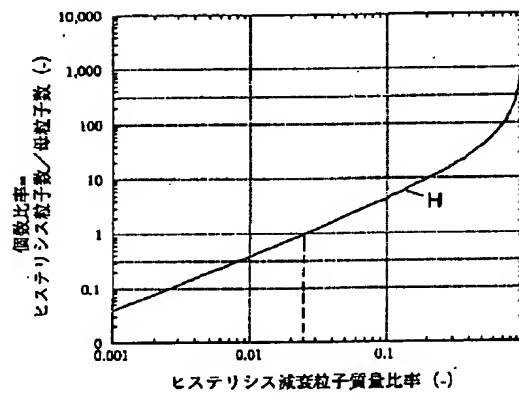
【図12】



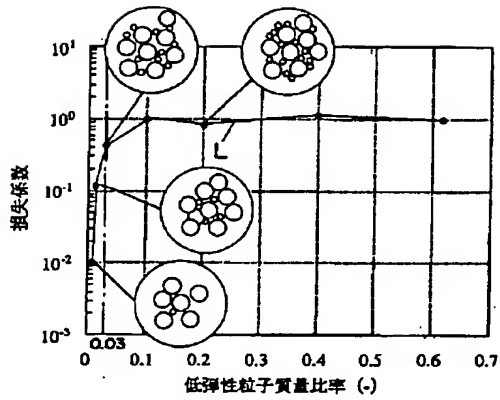
【図4】



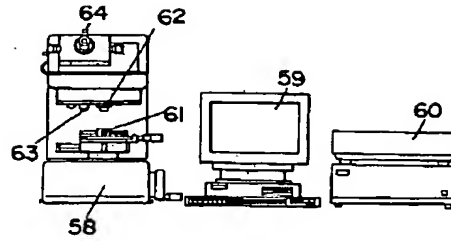
【図6】



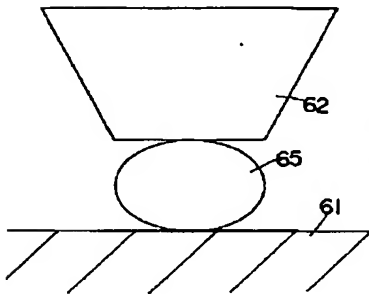
【図7】



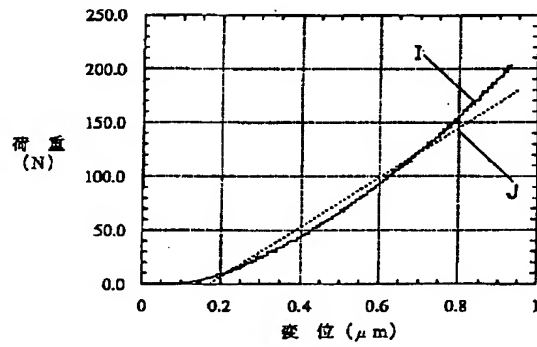
【図8】



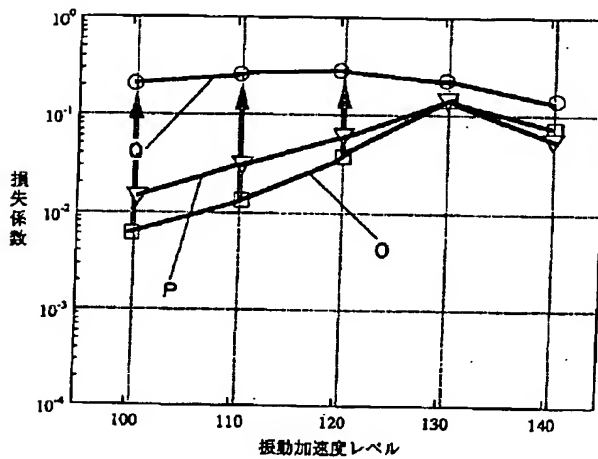
【図9】



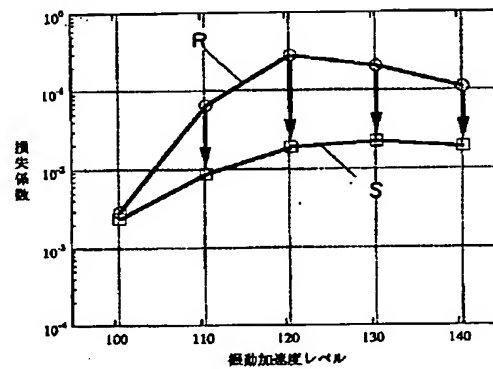
【図10】



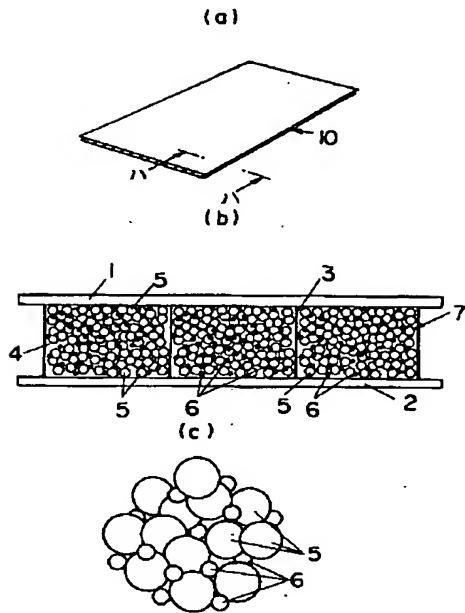
【図11】



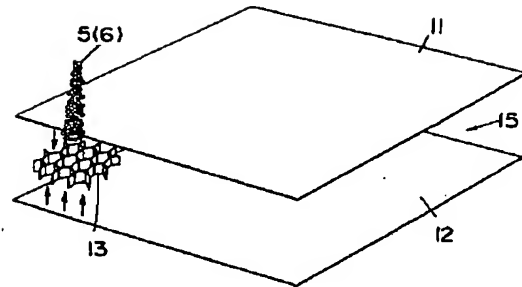
【図14】



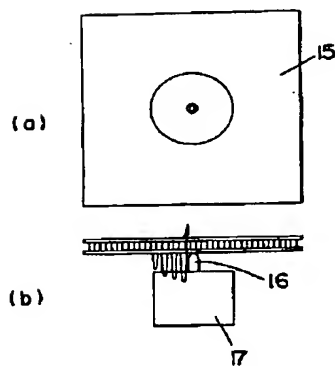
【図13】



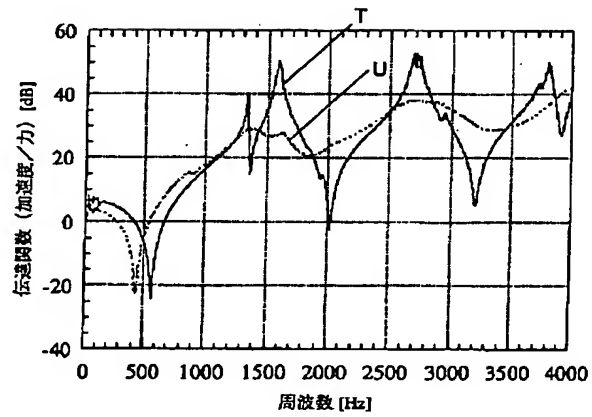
【図15】



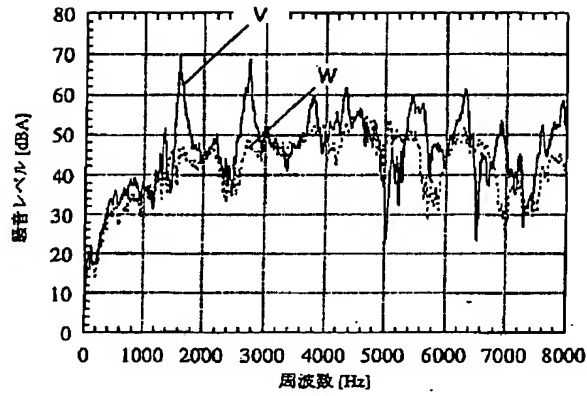
【図16】



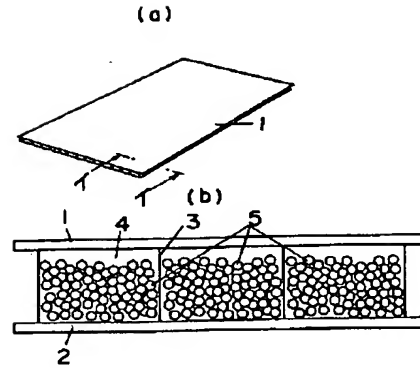
【図17】



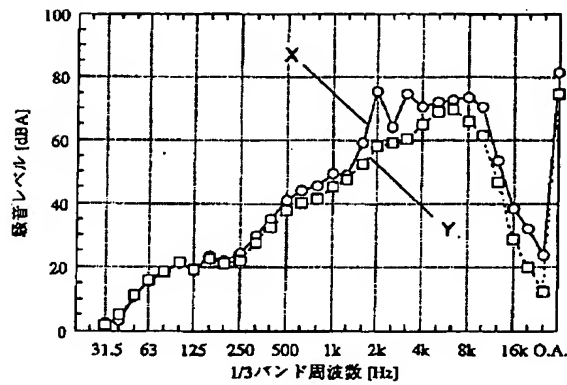
【図18】



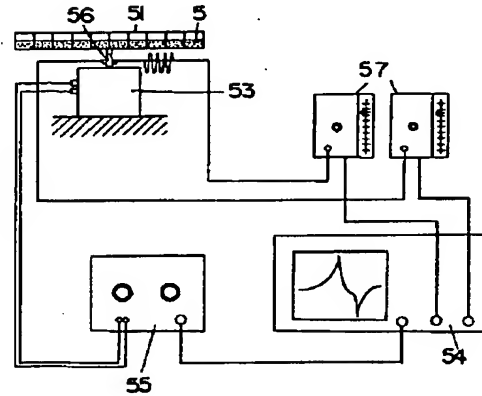
【図20】



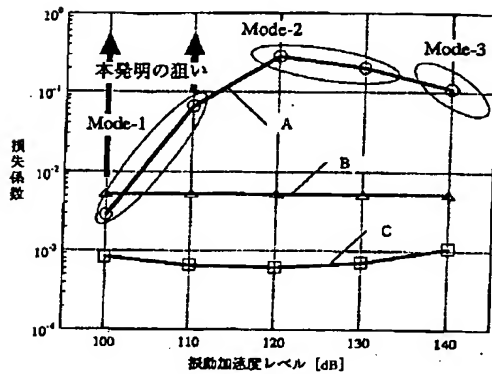
【図19】



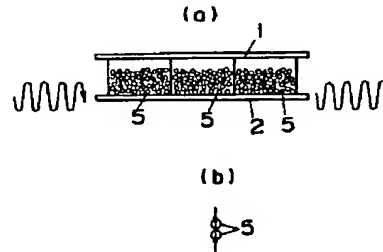
【図21】



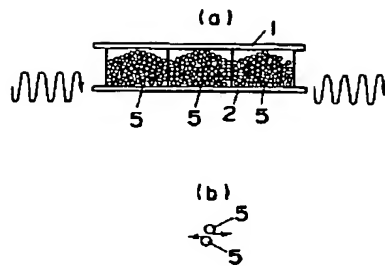
【図22】



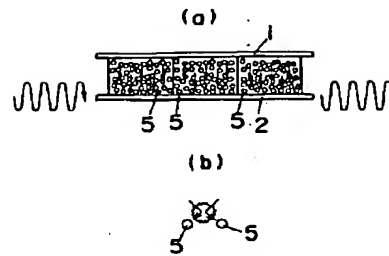
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

(72)発明者 奥平 有三  
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
式会社内

F ターム(参考) 2E001 DG01 GA03 GA07 GA48 JA00  
JD02 JD08  
3J048 AC02 BB01 BD04 BE14 EA07  
EA36  
4F100 AB10 AK27C AK29C AK73C  
AL01C AN00C AN01C AN02C  
AT00A AT00B BA03 BA10A  
BA10B DC07 DE01C DE04C  
EH31 JH02 JK01C JK07C  
JL16C YY00C